

**KOMPOSISI NISBAH UNSUR-UNSUR KEPADA CA DALAM OTOLIT IKAN SIAKAP
SANGKAR DI PANTAI TIMUR SEMENANJUNG MALAYSIA**

AFIZA SURIANI SARIMIN¹, ZAL U'YUN WAN MAHMOOD¹, MASNI MOHD ALI¹ & CHE ABD
RAHIM MOHAMED*²

¹Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor.

²Pusat Penyelidikan Ekosistem Marin (EKOMAR), Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor.

*E-mel: carmohd@ukm.my ; mohamed6566@yahoo.com

tel: 03-89215618, faks: 03-89253357

ABSTRAK

Komposisi kimia otolit yang terbentuk daripada CaCO_3 aragonitik sering digunakan sebagai penunjuk kepada air ambien. Kehadiran unsur-unsur asing selain Ca dalam otolit ikan siakap di kawasan kajian menunjukkan dipengaruhi oleh air ambien. Sebanyak 23 otolit ikan siakap telah diambil dari 4 sangkar ikan di sepanjang pantai timur Semenanjung Malaysia iaitu di Kelantan (Tumpat), Terengganu (Setiu dan Paka) dan Pahang (Pekan). Otolit-otolit dianalisis secara kimia dan unsur-unsur seperti Ca, Sr, Pb dan Zn dikesan dengan menggunakan Spektrometer Jisim - Plasma Berpasangan Terinduksi (ICP-MS). Dalam kajian ini, nisbah Sr:Ca dan Ba:Ca adalah berbeza menunjukkan ia dipengaruhi oleh saliniti air ambien di lokasi kajian. Nisbah Ba:Ca yang tinggi bertentangan dengan nisbah Sr:Ca yang rendah di Pekan (Pahang) adalah disebabkan oleh pengaruh input air tawar dari sungai berhampiran. Manakala corak ketara nisbah Sr:Ca dan Zn:Ca di Setiu, Paka dan Tumpat masing-masing mengikut corak saliniti air ambien dan kepekatannya. Bagaimanapun, nisbah Zn:Ca dan Pb:Ca didapati tinggi berkemungkinan disebabkan oleh impak antropogenik terutamanya di Setiu bagi Zn dan Paka bagi Pb. Secara keseluruhannya, Ba ($r > 0.7$) dan Ca ($r > 0.6$) adalah berkorelasi kuat ($p < 0.05$) dengan saiz fizikal otolit (panjang, lebar dan tinggi) berbanding unsur-unsur lain.

Katakunci: otolit; air ambient; korelasi; unsur

ABSTRACT

Otolith chemical composition of aragonitic CaCO₃ is frequently used as indicator reflecting ambient waters. Occurrence of impurities element except Ca in the sea bass otolith at the study area revealed that influenced by the ambient waters. Total of 23 sea bass otoliths were collected from 4 fish cages along east coast of Peninsular Malaysia i.e. Kelantan (Tumpat), Terengganu (Setiu and Paka) and Pahang (Pekan). The otoliths were chemically analyzed and Ca, Sr, Ba, Pb and Zn were determined using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS). In this study, the Ba:Ca and Sr:Ca ratios were varied indicating influenced by the salinity of ambient waters. High Ba:Ca ratio in contrast with low Sr:Ca ratio in Pekan was due to fresh water input from adjacent river. Meanwhile, obvious pattern of Sr:Ca and Zn:Ca ratios in Setiu, Paka and Tumpat were followed the pattern of water ambient salinity and its concentration, respectively. However, high Zn:Ca and Pb:Ca ratio probably due to anthropogenic impacts especially in Setiu for Zn and Paka for Pb. Overall, Ba ($r > 0.7$) and Ca ($r > 0.6$) were strongly correlated ($p < 0.05$) with the physical size of otolith (width, length and height) compared to others elements.

Keywords: *otolith; ambient water; correlation; element*

PENGENALAN

Otolit merupakan struktur CaCO₃ aragonitik yang berperanan dalam pendengaran dan keseimbangan ikan teleost. Selain daripada menentukan umur ikan, otolit juga diaplikasikan dalam penentuan pencemaran, migrasi ikan dan penentuan populasi ikan (Campana & Thorrold 2001). Komposisi unsur-unsur asing selain daripada Ca seperti Ba sering dikaji bagi menentukan pengaruh air ambien ke atas ikan (Leakey 2009). Air ambien yang mengandungi unsur-unsur asing ini akan melalui insang dan akhirnya akan terenal pada otolit sekiranya saiz atomik radius unsur-unsur tersebut menyamai saiz atomik radius Ca (Farrell & Campana 1996).

Penentuan nisbah Sr:Ca dan Ba:Ca kerap kali dikaitkan dengan saliniti air ambien bagi ikan yang melalui proses migrasi untuk melengkapkan kitaran biologinya (Elson & Gillanders 2004). Struktur otolit yang terapung dalam kepala ikan teleost dan tidak bersambung pada rangka utama, menjadikan faktor pemakanan ikan adalah minimal (Milton & Chenery 2001). Kajian terdahulu lebih memfokuskan kepada hubungan antara nisbah unsur-unsur asing kepada Ca dalam ikan yang bermigrasi seperti ikan siakap atau

hubungan antara saiz otolit dan saiz ikan (cth. Morris et al. 2003). Namun demikian, kajian terhadap hubungan saiz otolit dan unsur-unsur yang terenap pada otolith adalah sangat kurang.

Ikan siakap, *Lates calcarifer* merupakan ikan katadromus yang secara semulajadinya akan bermigrasi dari air laut hingga ke air payau untuk bertelur (Grey 1987). Oleh yang demikian, ikan ini berkemampuan untuk mengadaptasi pada perubahan saliniti (Grey 1987). Nilai komersial ikan siakap yang tinggi menjadikannya salah satu ikan paling banyak ditenak oleh pengusaha tempatan di seluruh Malaysia. Pantai timur menghasilkan lebih dari 30% daripada jumlah pengeluaran ikan siakap di seluruh Malaysia (Jabatan Perikanan 2007). Ia ditenak dalam sangkar berair payau yang menerima sumber air laut dari Laut China Selatan. Dengan itu, kajian ini dilakukan untuk mengkaji komposisi nisbah Sr:Ca, Ba:Ca, Pb:Ca dan Zn:Ca dalam otolit ikan siakap di pantai timur dan menilai hubungan antara saiz otolit dengan unsur-unsur berkenaan. Variasi nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca sedikit sebanyak mencerminkan kandungan unsur-unsur seperti Pb dan Zn dalam sungai berdekatan dan Laut China Selatan manakala Sr:Ca dan Ba:Ca akan menjadi penunjuk kepada pengaruh kehadiran air laut dan air tawar sepanjang hayat ikan siakap di kawasan kajian.

BAHAN DAN KAEDAH

Empat lokasi di pantai timur Semenanjung Malaysia telah di pilih sebagai stesen pensampelan iaitu Tumpat, Kelantan; Setiu dan Paka, Terengganu; dan Pekan, Pahang. Sebanyak 23 ekor ikan siakap disampel dari sangkar ikan pada setiap stesen Tumpat, Setiu, Paka dan Pekan, masing-masing 5, 7, 5 dan 6 ekor (Jadual 1, Rajah 1). Saliniti air ambien di kawasan sangkar diukur secara 'insitu' menggunakan YSI 30 saliniti meter. Ikan-ikan siakap yang ditangkap kemudiannya diukur, ditimbang dan di simpan dalam peti sejuk sebelum dibedah di makmal (Jadual 2).

Kepala ikan dipotong secara vertikal selari dengan garis pada preoperkel sehingga menampakkan otolit. Otolit sagitta dikeluarkan menggunakan forsep, dibasuh dengan air nyah-ion dan dikeringkan pada suhu bilik. Saiz otolit diukur dengan menggunakan kaliper digital dan ditimbang dengan menggunakan penimbang elektronik. Hanya satu otolit sagitta sahaja digunakan untuk analisis kimia. Otolit-otolit tersebut dihadam dengan 10 mL HNO_3 di dalam bikar di atas plat pemanas kemudian dikeringkan dan seterusnya ditambahkan dengan 10 mL 0.5M HNO_3 . Kesemua larutan sampel otolit yang mengandungi unsur-unsur dianalisis menggunakan Spektrometer Jisim - Plasma Berpasangan Terinduksi (ICP-MS; Perkin Elmer Elan 9000).

Semua radas kaca yang digunakan telah direndam dalam 3% HNO_3 semalam sebelum eksperimen dijalankan untuk mengelak kontaminasi. Kaedah eksperimen penentuan unsur-unsur dalam

otolit ditentusahkan dengan menggunakan 'Certified Reference Material' No. 22 (Otolit) mengikut prosedur yang sama seperti sampel otolit ikan siakap. Perolehan semula bagi unsur-unsur adalah lebih dari 87%.

Analisis statistik melibatkan ujian ANOVA sehala dilakukan untuk menentukan perbezaan antara stesen manakala ujian korelasi pula dilakukan antara berat/panjang otolit dengan kepekatan Ca, Sr, Ba, Pb dan Zn. Analisis dilakukan dengan menggunakan perisian SPSS 14.0.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

PENGARUH SALINTI TERHADAP NISBAH UNSUR-UNSUR KEPADA Ca DALAM OTOLIT

Kepekatan unsur Ca merupakan kepekatan yang tertinggi dalam otolit kerana struktur semujadinya iaitu CaCO_3 (Mugiya et al. 1991). Unsur-unsur asing iaitu Sr, Ba, Pb dan Zn dinisbahkan kepada Ca untuk menentukan fraksi penggantian unsur-unsur asing dengan Ca seperti kajian yang terdahulu (Campana 1999). Kajian ini mendapati bahawa corak taburan bagi nisbah Sr:Ca, Ba:Ca dan Zn:Ca adalah berbeza secara signifikan ($p < 0.05$) manakala tiada perbezaan yang signifikan bagi nisbah Pb:Ca ($p > 0.05$) di sepanjang pantai timur.

Secara umumnya, nisbah Sr:Ca merupakan nisbah yang tertinggi manakala Pb:Ca pula merupakan nisbah yang terendah di semua stesen kajian (Rajah 2, Jadual 3). Stesen di Pekan menunjukkan nisbah terendah bagi semua nisbah yang dikaji kecuali Ba:Ca (Rajah 2, Jadual 3). Kehadiran Ba yang lebih tinggi di Pekan menunjukkan kehadiran air tawar (0.1 psu) di sangkar berkenaan yang mempengaruhi nisbah Ba:Ca. Keadaan ini disokong kuat oleh Bath et al. (2000) yang mendapati kandungan Ba lebih tinggi di dalam air tawar berbanding dengan air laut. Namun demikian, nisbah Sr:Ca didapati berlainan dengan nisbah Ba:Ca yang mana ketinggiannya mengikuti corak ketinggian taburan saliniti (Rajah 2a). Ini kerana, kandungan Sr didapati lebih tinggi dalam air laut (Farrell & Campana 1996; Gauldie et al. 1999; Hamer et al 2006). Tambahan pula, saiz atomik radius Sr dan Ba menyamai dengan saiz atomik radius Ca berbanding Pb dan Zn (Farrell & Campana 1996). Maka, nisbah Sr:Ca dan Ba:Ca sering dijadikan penunjuk untuk migrasi ikan melangkaui perbezaan saliniti ikan siakap (Milton & Chenery 2001). Perbezaan saliniti yang ketara antara stesen Tumpat, Setiu dan Paka dengan Pekan menunjukkan ikan siakap yang dibela di sangkar berkenaan masing-masing telah diadaptasikan dengan keadaan saliniti sangkar tersebut. Faktor-faktor seperti lokasi sangkar, air laut dan pasang surut merupakan faktor utama pebezaan saliniti yang mana sumber air masin bagi kesemua sangkar adalah berpunca dari Laut China Selatan (Rajah 1).

NISBAH Pb:Ca DAN Zn:Ca DALAM OTOLIT

Kajian terdahulu seperti Milton et al. (2000) dan Milton & Chenery (2001) yang menggunakan nisbah logam berat seperti Pb dan Zn sebagai penunjuk pencemaran air ambien. Dengan itu, kajian ini telah menggunakan nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca untuk menggambarkan kandungan Pb dan Zn dalam air ambien di sangkar Tumpat, Setiu, Paka dan Pekan (Rajah 3, Jadual 3). Kandungan Pb dan Zn yang tinggi dalam air boleh menyebabkan toksik, namun kehadirannya sebagai unsur surih pada ikan dan manusia diperlukan dalam kepekatan yang rendah (Lall 1995).

Kemungkinan besar pengenapan Pb dan Zn pada otolit berkait rapat dengan pengkayaan kepekatan Pb dan Zn dalam air ambien (Milton & Chenery 2001). Kajian ini mendapati bahawa nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca di semua stesen di pantai timur adalah rendah masing-masing dengan purata keseluruhan $(4.9 \pm 2.4) \times 10^{-6}$ dan $(7.0 \pm 2.7) \times 10^{-5}$. Analisis ANOVA satu hala menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) bagi nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca di setiap sangkar. Perbezaan ini berkemungkinan disebabkan oleh faktor pengkayaan dalam air ambien kesan daripada perindustrian dan urbanisasi di sekitar kawasan kajian seperti yang dilaporkan oleh Garg et al. (2009). Namun demikian, Pekan merupakan kawasan yang paling kurang dikontaminasi dengan Pb dan Zn berdasarkan nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca yang diperolehi dalam otolit (Rajah 3). Nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca yang tertinggi masing-masing adalah di Paka dan Setiu (Rajah 3, Jadual 3).

HUBUNGAN SAIZ OTOLIT DENGAN UNSUR-UNSUR

Kajian mengenai hubungan korelasi antara setiap unsur yang dikaji (Ca, Sr, Ba, Pb dan Zn) dalam otolit dengan panjang, lebar dan berat otolit belum pernah dilaporkan. Kajian ini menunjukkan bahawa terdapat hubungan kebergantungan yang kuat antara saiz otolit dengan unsur Ca dan Ba (Jadual 3). Berat dan lebar otolit lebih mempengaruhi Ca kerana ia adalah unsur utama dalam otolith (Jadual 3). Manakala panjang dan tinggi otolit lebih mempengaruhi Ba (Jadual 3). Ini menunjukkan bahawa secara keseluruhannya, Ca dan Ba mempunyai korelasi yang kuat dengan saiz otolit berbanding Sr, Pb dan Zn. Oleh itu, pengenapan Ba pada otolit dipengaruhi oleh saiz otolit dan juga factor saiz kelimpahan dalam air ambien.

KESIMPULAN

Secara umumnya, corak taburan nisbah unsur-unsur terhadap Ca di pantai timur adalah Sr:Ca > Zn:Ca > Ba:Ca > Pb:Ca. Variasi perubahan nisbah Sr:Ca yang bertentangan dengan Ba adalah bergantung kepada kekuatan pengaruh air laut atau air tawar yang menentukan saliniti di kawasan sangkar.

Ini bermakna nisbah Ba:Ca akan tinggi seiring dengan kemerosotan saliniti tetapi sebaliknya bagi Sr:Ca. Nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca pula lebih dikaitkan dengan faktor antropogenik iaitu kelimpahan unsur Pb dan Zn dalam air ambien di kawasan pantai timur. Hanya Ba dan Ca menunjukkan hubungan korelasi yang kuat dengan berat/panjang/lebar otolit. Manakala, unsur-unsur lain (Pb, Zn dan Sr) kurang ataupun tidak dipengaruhi oleh saiz otolit dan hanya bergantung kepada kelimpahan unsur-unsur tersebut dalam air ambien.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang terlibat dalam kajian ini secara langsung dan tidak langsung. Terima kasih juga kepada UKM yang telah memberikan kemudahan peralatan dan ruang untuk menjayakan penevlidikan ini.

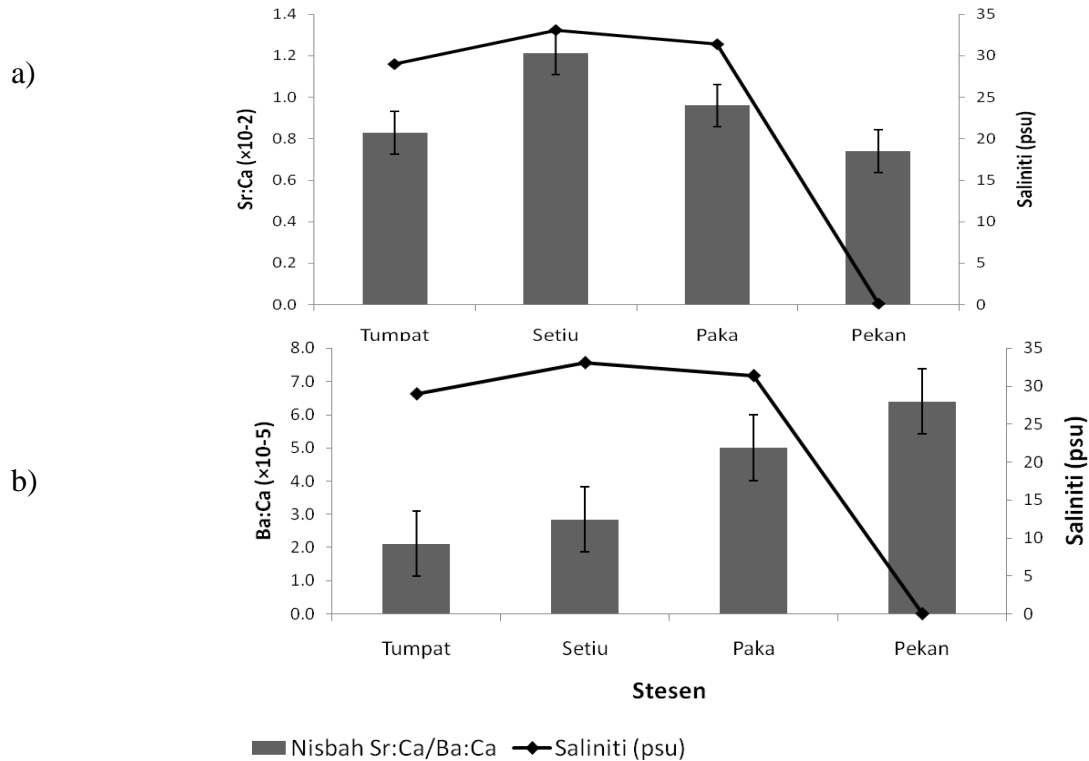
RUJUKAN

- Bath, G.E., Thorrold, S.R., Jones, C.M., Campana, S.E., McLaren, J.W. & Lam, J.W.H. 2000. Strontium and barium uptake in aragonitic otoliths of marine fish. *Geochemistry Cosmochima Acta* **64**: 1705-1714.
- Campana, S.E., 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series* **188**: 263-297.
- Campana, S. E., & Thorrold, S. R. 2001. Otoliths, increments and elements: keys to comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences* **58**: 30-38.
- Elsdon, T. S. & Gillanders., M.B. 2004. Fish otolith chemistry influenced by exposure to multiple environmental variables. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **313**:269-284.
- Farrell, J. & Campana, S. E. 1996. Regulation of calcium and strontium deposition on the otoliths of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry Physiology* Vol. 115A, No. 2:103-109.
- Gauldie, R. W., West, I.F., & Coote, G.E. 1995. Evaluating otolith age estimates for *Holothertus atlanticus* by comparing patterns of checks, cycle in microincrement width, and cycles in strontium and calcium composition. *Bulletin Marine Science* **56**:76-102.

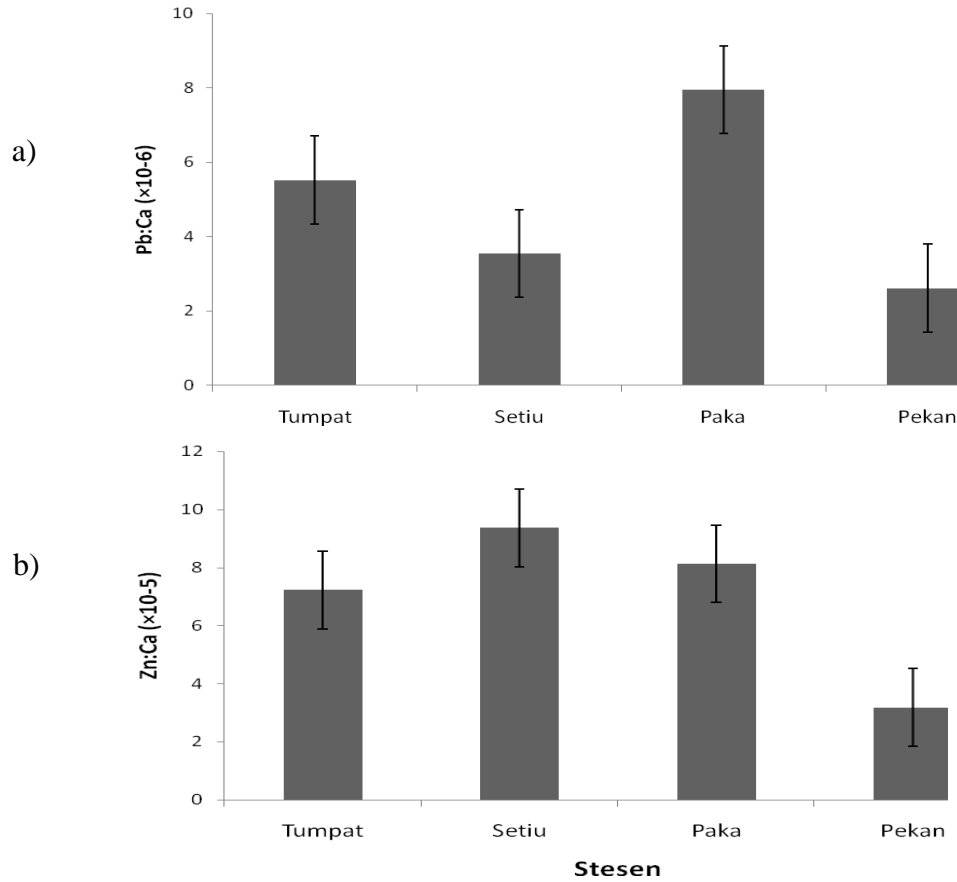
- Garg, S. Gupta, R. K. & Jain, K. L. 2009. J. Sublethal effects of heavy metals on biochemical composition and their recovery in Indian major carps. *Hazardous Mats.* **163**:1369-1384.
- Grey, D.L. 1987. An overview of *Lates calcarifer* in Australia and Asia. In: Copland, J.W. (Eds.) Management of Wild and Cultured Sea Bass Barramundi *Lates calcarifer*.. ACIAR Proc., 20, 15–21 pp.
- Hamer, P.A., G.P. Jenkins and P. Coutin, 2006. Barium variation in *Pagrus auratus* (Sparidae) otoliths: A potential indicator of migration between an embayment and ocean waters in south-eastern Australia. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 68: 686-702.
- Jabatan Perikanan 2007. *Perangkaan Tahunan Perikanan*. Jilid 1. Hlm. 185. Putrajaya.
- Lall, S. P. 1995. Macro and trace elements in fish and shellfish. In A. Ruiter (Ed), Fish and fishery product. Composition, nutritive properties and stability 187-213p. Wallingford: Cab International.
- Leakey, C. D.B., M. J Attrill & M. F. Fitzsimons, 2009. Multi-element otolith chemistry of juvenile sole (*Solea solea*), whiting (*Merlangius merlangus*) and European seabass (*Dicentrarchus labrax*) in the Thames Estuary and adjacent coastal regions. *Journal of Sea Research* (In Press).
- Milton, D. A., Tenakanai, C. D. & Chenery, S. R. 2000. Can the Movements of Barramundi in the Fly River Region, Papua New Guinea be Traced in their Otoliths? *Estuarine, Coastal Shelf Science* 50:855-868.
- Milton, D. A. & Chenery, S. R. 2001. Sources and uptakes of trace metals in otoliths of juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 264:47-65.
- Morris Jr., J. A., Rulifson, R. A., & Toburen, L. H. 2003. Life history strategies of striped bass, *Morone saxatilis*, populations inferred from otolith microchemistry. *Fisheries Research* 62: 53-63.
- Mugiya, Y., Hakamori, T.& Hatsutori, K. 1991. Trace metal incorporation into otoliths and scales in the goldfish *Carrasius auratus*. *Comparative Biochemistry Physiology* 99C: 327-331.
- Secor, D. H. & Rooker, J. R. 2000. Is otolith strontium a useful scalar of life cycles in estuarine fishes? *Fisheries Research* 46:359-371.



Rajah 1. Lokasi pensampelan di sepanjang pantai timur Semenanjung Malaysia.



Rajah 2. Nisbah Sr:Ca dan Ba:Ca dan juga saliniti sangkar ikan siakap di Tumpat, Setiu, Paka dan Pekan dalam otolith ikan siakap.



Rajah 3. Nisbah Pb:Ca dan Zn:Ca di Tumpat, Setiu, Paka dan Pekan dalam otolit ikan siakap.

Jadual 1. Lokasi persampelan, saliniti air dan saiz dan berat ikan di pantai timur Semenanjung Malaysia.

Stesen	Tarikh	Saliniti (psu)	Ikan	
			Berat Ikan (kg)	Panjang Total Ikan (cm)
Tumpat , Kelantan (T) (n=5)	24 Mac 2007	29	0.63 ± 0.04	35.95 ± 0.97
Setiu, Terengganu (S) (n=7)	21 April 2007	33.1	0.84 ± 0.20	39.79 ± 2.68
Paka, Terengganu(P) (n=5)	24 April 2007	31.4	0.50 ± 0.10	32.54 ± 1.86
Pekan, Pahang (PE) (n=6)	22 Mac 2008	0.1	1.30 ± 0.27	47.80 ± 3.55

Jadual 2. Berat, panjang dan lebar otolit di pantai timur Semenanjung Malaysia.

Stesen	Otolit		
	Berat (g)	Panjang (mm)	Lebar (mm)
Tumpat (n=5)	0.059 ± 0.005	4.99 ± 0.25	9.71 ± 0.50
Setiu (n=7)	0.076 ± 0.009	5.49 ± 0.36	11.17 ± 1.1
Paka (n=5)	0.061 ± 0.009	5.53 ± 0.22	10.14 ± 0.63
Pekan (n=6)	0.130 ± 0.020	6.56 ± 0.34	12.94 ± 0.85

Jadual 3. Nisbah Sr:Ca, Ba:Ca, Pb:Ca dan Zn:Ca di Kelantan, Terengganu dan Pahang.

	Sr:Ca ($\times 10^{-2}$)	Ba:Ca ($\times 10^{-5}$)	Pb:Ca ($\times 10^{-6}$)	Zn:Ca ($\times 10^{-5}$)
Tumpat (n=5)	0.83 ± 0.09	2.12 ± 0.10	5.52 ± 3.42	7.23 ± 2.01
Setiu (n=7)	1.21 ± 0.04	2.85 ± 1.50	3.54 ± 1.07	9.36 ± 1.07
Paka (n=5)	0.96 ± 0.04	5.00 ± 0.35	7.94 ± 4.02	8.13 ± 1.68
Pekan (n=6)	0.74 ± 0.52	6.40 ± 0.47	2.61 ± 3.90	3.18 ± 1.70
Purata	0.94 ± 0.20	4.10 ± 1.97	4.90 ± 2.36	6.97 ± 2.68

Jadual 3. Hubungan korelasi Pierson (r) antara otolit dan unsur-unsur

Hubungan korelasi (n=23)	Ca	Sr	Ba	Pb	Zn
Berat otolit (g)	0.78	0.27*	0.81	0.04*	-0.45
Panjang otolit (mm)	0.67	0.23*	0.86	0.17*	-0.38*
Lebar otolit (mm)	0.69	0.35*	0.74	0.10*	-0.31*

Nilai aras keertian 0.05 (dua hala)

* $p > 0.05$